

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11109158 A**

(43) Date of publication of application: **23.04.99**

(51) Int. Cl.

G02B 6/13
G02B 6/12

(21) Application number: **09238103**

(22) Date of filing: **03.09.97**

(30) Priority: **07.08.97 JP 09213384**

(71) Applicant: **HITACHI CABLE LTD**

(72) Inventor: **OKUBO HIROYUKI**

(54) **SION OPTICAL WAVEGUIDE, AND ITS
MANUFACTURE**

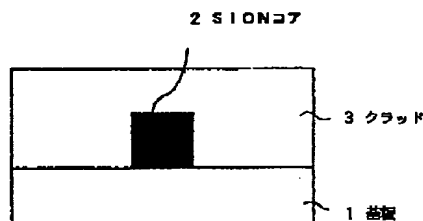
method in which tetraethyl-orthosilicate and O₂ are used.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical waveguide in which most of the absorption loss caused by O-H group, N-H group or C-H group present in the vicinity of the communication waveband during the insertion loss by manufacturing a clad part of organic oxirane or silicon tetrachloride as the raw material in a SiON optical waveguide comprising a core part in which nitrogen is doped, and the clad part to cover the core part.

SOLUTION: The material of a substrate 1 is silicon Si or quartz glass SiO₂. A SiON core 2 is SiO₂ in which N is doped. The raw material of a clad 3 is organic oxirane or silicon tetrachloride. The specific refractive index difference Δ between the SiON core 2 and the clad 3 is dependent on the quantity of nitrogen N to be doped. The specific refractive index difference Δ and the dimensions of the core 2 are appropriately designed according to an optical device. The film of the core is formed by the plasma CVD method in which SiH₄, NH₃ and O₂ are used. The film of the clad is formed by the plasma CVD



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-109158

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/13
6/12

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

M
N

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-238103

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月3日

(31) 優先権主張番号 特願平9-213384

(32) 優先日 平9(1997) 8月7日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 大久保 博行

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

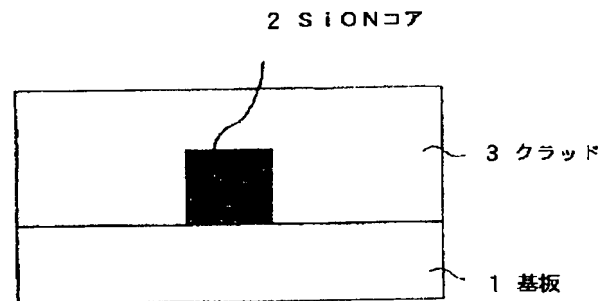
(74) 代理人 弁理士 松本 孝

(54) 【発明の名称】 S i O N系光導波路及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ通信用光デバイスに用いるため、コアに窒素をドーピングした S i O N系光導波路のO-H基及びN-H基による吸収損失をそれぞれ0. 0 1 dB/cm以下にする S i O N系光導波路及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 窒素をドーピングしたコア部と、該コア部を覆うクラッド部から成る S i O N系光導波路において、前記クラッド部の原料を有機オキシシランまたは四塩化硅素とし、プラズマC V D法によりコア及びクラッドを成膜する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】窒素をドーブしたコア部と、該コア部を覆うクラッド部から成る SiON 系光導波路において、前記クラッド部は有機オキシシランまたは四塩化硅素を原料に製造されるものであることを特徴とする SiON 系光導波路。

【請求項 2】コア及びクラッドの成膜に原料ガスと酸化性ガスをプラズマ励起する化学的気相成長法を用いた SiON 系光導波路の製造方法において、前記原料ガスに有機オキシシラン、または四塩化硅素を用いることを特徴とする SiON 系光導波路の製造方法。

【請求項 3】有機オキシシランは、テトラエチルオルソシリケートであることを特徴とする請求項 2 記載の SiON 系光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は SiON 系光導波路とその製造方法に関するものである。更に詳述すれば本発明は光ファイバ通信用光デバイスの基礎を成す光導波路に係わり、コアに窒素 N をドーブした SiON 系光導波路とその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ通信用の光デバイスは主に光導波路を用いて作製される。それ故、光導波路には低損失な特性が要求される。これまで光導波路のコア部として TiO₂ ドープの SiO₂、GeO₂ ドープの SiO₂ 等が主に用いられて来た。TiO₂ や GeO₂ をドーブする理由は、コアの屈折率を周囲のクラッドより高くして光を閉じ込めるためである。通常、コアとクラッドの屈折率の差を示す指標として比屈折率差 Δ がある。コアの屈折率を N_c、クラッドの屈折率を N_{cl} とすると、比屈折率差 Δ は次式で表される。

【0003】

【数 1】

$$\Delta = \frac{N_c - N_{cl}}{N_c} \times 100 \quad (\%)$$

【0004】従来の TiO₂ ドープの SiO₂ や GeO₂ ドープの SiO₂ では、ドーブ量に限界があり、その量は高々 20 at % 程度、比屈折率差 Δ で示せば 2 % 以下である。その量を越えると、コア部の軟化点が 1200℃ 以下に下がり、膜中ドーブ量分布に大きな不均一が生じ、特性が劣化する。

【0005】近年、光導波路型部品の小形化、コアパターンの高集積化に伴って、更に高屈折率のコア部が要求されている。なぜなら、コアとクラッドの比屈折率差 Δ を更に大きくすれば、コア寸法をこれまで以上に小さくすることができ、結果として光デバイスの小形化が可能と成るからである。

【0006】この目的のために、N ドープの SiO₂ をコアとした光導波路が検討され始めている。この導波路

ではドーブする N 量により、コアの屈折率を 2.02 ままで変化させることができ、Δ を 2 % 以上とすることができる。このコアを SiON コアと称する。

【0007】SiON コア及び SiO₂ クラッドを成膜する方法として、プラズマ励起の化学的気相成長法（プラズマ CVD 法）がある。図 5 はその膜装置の概略断面図である。本装置は、上部電極 16、下部電極 17、高周波電源 18、ヒータ 20、真空ポンプ 15 から構成されている。

【0008】原料ガス 14 には SiH₄、NH₃ 及び O₂ を使用する。真空ポンプ 15 により真空排気（圧力 0.4 Torr）されている平行平板型の電極 16、17 間に、多量のアルゴン（Ar、1760 sccm）で希釈した SiH₄（60 sccm）、NH₃（80 sccm）及び O₂（80 sccm）を流す。下部電極 17 に接続した高周波電源 18 からの高周波により、電子と原料ガスの衝突が起こり、原料ガスが解離してイオン及びラジカルとなる。それによって、電子、イオン及びラジカルから成るプラズマ 19 が生成され、それらプラズマ粒子が上部電極 16 に設置した基板 11 上に堆積する。基板 11 はヒータ 20 により 300℃ に加熱される。この方法は成膜温度が 200～300℃ なので、プロセス温度の低温化が図れるという特徴がある。このプラズマ CVD 法により、原料ガスに SiH₄、NH₃ 及び O₂ を用いて SiOH コアを成膜し、コアを矩形状にパターニングした後、原料ガスに SiH₄ 及び O₂ を用いて SiO₂ クラッドを成膜して光導波路を作製することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来の SiON 系光導波路とその製造方法には以下の問題点があった。

【0010】図 6 は、従来の製造方法による SiON 系光導波路の損失波長特性の説明図である。横軸は波長（nm）、縦軸は挿入損失（dB）である。通信波長帯である 1300nm と 1550nm の近傍である 1390nm 及び 1490nm に O-H 基及び N-H 基による吸収が存在する。この原因は、コア成膜中に O-H 基及び N-H 基が多量に存在すること、またクラッド成膜中にも O-H 基が多量に存在することによる。

【0011】そこで、コアを矩形状にパターニングした後に、N₂ 雰囲気中で 1300℃、3 時間の熱処理を施し、クラッド成膜後も O₂ 雰囲気中で 1200℃、3 時間の熱処理を施して成膜中の H 量の低減を図った。コア形成後、熱処理ガスとして不活性ガスの N₂ を用いる理由は、酸化性のガスを用いるとコア中の N と酸化ガスの O が入れ替わってしまい、コアの屈折率が急減してしまうからである。クラッド成膜後の熱処理ガスに酸化性の O₂ を用いる理由は、クラッド中の O-H 基の量を低減させるためである。その際、クラッドを成膜した後なので、酸素による SiOH コアへのダメージはない。

【0012】図 7 は、上記の処置を施した光導波路の損

失波長特性の説明図である。N-H基による吸収損失の十分な低減はできなかった。この結果は、成膜したSiO₂クラッド中の多量のH(2~4wt%)がコア中に拡散し、コア中のNの未結合手にHが結合するため、膜中N-H基の含有量を増加させていたと考えられる。この場合、SiO₂クラッドを成膜後、O₂で熱処理をしてもコア中のH量を十分に低減させることができなかった。

【0013】従って本発明の目的は、前記した従来技術の欠点を解消し、O-H基及びN-H基による吸収損失を0.01dB/cm以下にしたSiON系光導波路及びその製造方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の目的を実現するため、窒素をドーブしたコア部と、該コア部を覆うクラッド部から成るSiON系光導波路において、前記クラッド部は有機オキシシラン、または四塩化硅素を原料に製造したSiON系光導波路を用いる。

【0015】また、コア及びクラッドの成膜に、原料ガスと酸化性ガスをプラズマ励起する化学的気相成長法を用いたSiON系光導波路の製造方法において、前記原料ガスに有機オキシシラン、または四塩化硅素を用いたSiON系光導波路の製造方法を採用する。

【0016】前記有機オキシシランは、テトラエチルオルソシリケートであっても良い。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は、本発明のSiON系光導波路の一実施例を示す断面図である。基板1と、SiONコア2と、クラッド3から成る。基板1の材質はシリコン(Si)或は石英ガラス(SiO₂)である。SiONコア2は、SiO₂にNをドーブしたものである。クラッド3の原料は有機オキシシラン、または四塩化硅素とした。SiONコア2とクラッド3との屈折率差Δはドーブする窒素Nの量に依存する。屈折率差Δやコア2の寸法は、目的の光デバイスに応じて適宜設計することができる。

【0018】次に本発明のSiON系光導波路の製造方法の一実施例を装置図面を用いて説明する。

【0019】まず、コアの成膜は従来技術と同様にSiH₄、NH₃及びO₂を使用したプラズマCVD法により行なう。次にクラッドの成膜はテトラエチルオルソシリケート(TEOSと称す)及びO₂を使用したプラズマCVD法により行なう。図2は、そのクラッド成膜装置の概略断面図である。本装置は、上部電極6、下部電極7、高周波電源8、ヒータ10、図示はしていないが真空ポンプから構成されている。図5とほとんど同じであるが、原料供給部が異なっている。

【0020】クラッド3には、SiO₂或はSiO₂にリン(P)、ボロン(B)等の添加物を少なくとも一種含んだものを用いる。真空排気(圧力0.4Torr)され

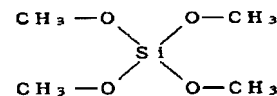
ている平行平板型の電極6、7間に、多量のAr(60sccm)12でバブリングしたTEOS(20sccm)13及びO₂(60sccm)11を混合した原料ガス4を流す。コアの成膜の場合と同様に、下部電極7に接続した高周波電源8からの高周波(13.56MHz, 350W)により、電子と原料ガスの衝突が起こり、原料ガスが解離してイオン及びラジカルとなる。それによって、電子、イオン及びラジカルからなるプラズマ9が生成され、それらプラズマ粒子が基板1上に堆積する。基板1はヒータ10により400℃に加熱される。

【0021】Pを添加したい場合は、図2と同じようにバブリング容器21で原料のPOCl₃又はPCl₃をArでバブリングしてチャンバー内に導入する。Bを添加したい場合は、BCl₃をその原料に用い、同じくArでバブリングしてチャンバー内に導入する。流量は0~30sccmの中から選ばれる。

【0022】TEOS(テトラエチルオルソシリケート、Tetra Ethyl Ortho Silicate、Si(OC₂H₅)₄)の分子構造は次の通りである。

【0023】

【化1】



【0024】Siに結合した4つの酸素と酸素に結合した4つのエチル基からなる。クラッド膜中には若干のCH₃基が残るが、それによる吸収損失は1.15μm帯と1.65μm帯にあり、そのすそが通信波長帯の1.3μmと1.55μmに掛かる。しかし、膜中CH₃基の含有量は若干であり、光量はほとんどがコアを通過するため、それによる通信波長帯の損失増加は0.01dB/cm以下であり、問題にはならない。

【0025】コア2とクラッド3の屈折率差Δは0.2%~1%とした。これは屈折率差が1%を越えるとコア径が4μm未満となり、Δ=0.3%のシングルモード光ファイバのコア径8.0μmと違いが2倍となるので、接続損失が1dBを越えてしまうからである。なお、コア2の厚みは数μm~10μmの範囲に、クラッド3の厚みは10μm~数10μmの範囲に設定される。コアパターン形成後の熱処理は、N₂雰囲気中で1300℃、3時間行なう。クラッド形成後の熱処理は行なわない。

【0026】図3は、以上の方法で作製した光導波路の挿入損失の波長依存性の説明図である。O-H基或はN-H基による吸収ピークがほとんど無くなっていることがわかる。1310nm及び1550nmにおける伝搬損失はそれぞれ0.1dB/cm及び0.04dB/cmである。

【0027】なお、熱処理条件は上記条件に限定されるものではない。コアパターン形成後の熱処理は、N₂或

はハロゲンガス (F_2 、 Cl_2 、 Br_2) 雰囲気中で、 $1200^\circ C$ 、3時間行なっても良い。

【0028】また、 SiO_2 クラッド成膜にTEOSを用いたプラズマCVD法を用いたが、原料ガスとして SiH_4 、 Si_2H_6 、 Si_xH_y 等の水素化硅素以外の原料、例えば $SiCl_4$ を用いても良い。製造装置は図2とほぼ同様であり、ただ原料ガスを $SiCl_4$ と酸化ガスとしたものである。 $Si-Cl$ 結合による吸収ピークは通信波長帯付近には無いため、通信波長帯の損失を増加させることは無い。図4は、 $SiCl_4$ を用いてクラッド膜を作製した光導波路の挿入損失の波長依存性の説明図である。図3と同等の結果が得られている。すなわち、クラッド中にHの含有量がほとんど無くコアへのHの拡散は無い。

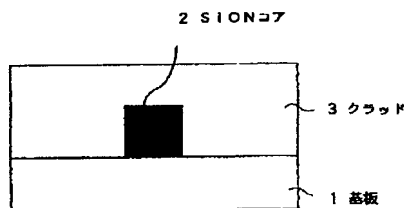
【0029】また、TEOSは有機オキシシランの一種であるが、これ以外にも $Si(OCH_3)_4$ 、 $(C_2H_5)_3Si(OC_2H_5)_3$ 、 $(C_2H_5)_2Si(OC_2H_5)_2$ 、 $(C_2H_5)_3Si(OC_2H_5)$ 、 $(C_2H_5)_4Si$ 等を用いても良い。これらが膜に残ったとしても CH_3 基なので、膜中Hの含有量がほとんど無くコアへのHの拡散は無い。よって、挿入損失中のN-H基による吸収損失をノイズレベル0.01dB/cm以下に低減することができる。

【0030】

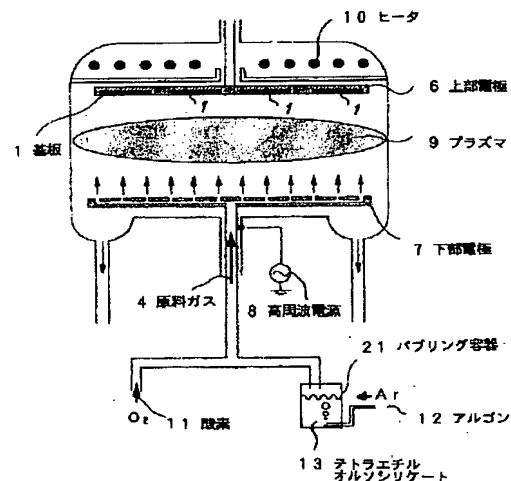
【発明の効果】本発明のSiON系光導波路及びその製造方法によれば次のような顕著な効果を発揮し、工業上有用である。

【0031】クラッド膜形成用の原料ガスにTEOS或は $SiCl_4$ を使用するので、挿入損失中の通信波長帯付近に存するO-H基、N-H基或はC-H基による吸収損失をほぼ無くした光導波路を提供することができ

【図1】



【図2】



る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のSiON系光導波路の一実施例を示す断面図である。

【図2】本発明のSiON系光導波路の製造方法の一実施例を説明する装置の概略断面図である。

【図3】本発明に係わり、原料ガスにTEOSを用いた光導波路の損失波長特性の説明図である。

【図4】本発明に係わり、原料ガスに $SiCl_4$ を用いた光導波路の損失波長特性の説明図である。

【図5】従来のSiON系光導波路の製造方法を説明する装置の概略断面図である。

【図6】従来のSiON系光導波路の損失波長特性の説明図である。

【図7】従来のSiON系光導波路に熱処理を加えた場合の損失波長特性の説明図である。

【符号の説明】

1、11 基板

2 SiONコア

3 クラッド

4、14 原料ガス

6、16 上部電極

7、17 下部電極

8、18 高周波電源

9、19 プラズマ

10、20 ヒータ

11 酸素

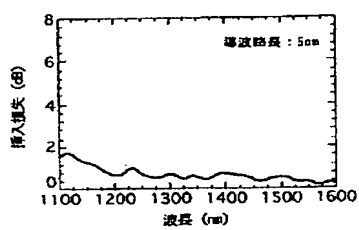
12 アルゴン

13 テトラエチルオルソシリケート

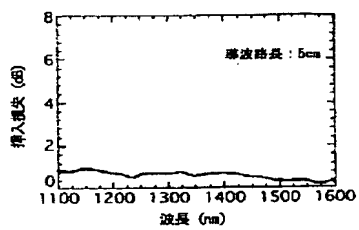
15 真空ポンプ

21 バブリング容器

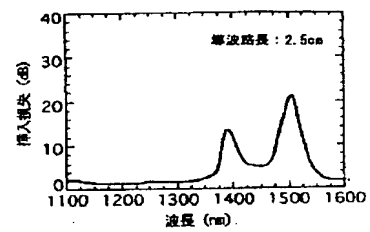
【図3】



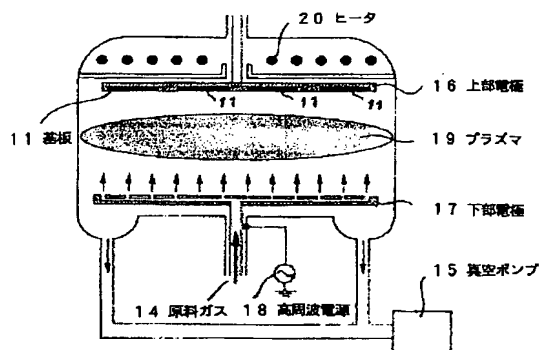
【図4】



【図6】



【図5】



【図7】

